

теоретическое рассмотрение нестационарного распределения температуры в элементах конструкции при пайке.

Варьировалась скорость нагрева и толщина стенки в диапазоне, соответствующем практике пайки.

Полученные расчётные данные дали возможность подбирать оптимальные режимы пайки и находить конструктивные решения для снижения вероятности разрушения конструкции от термических напряжений из-за значительных перепадов температуры.

При решении проблемы трещинообразования при пайке направляющего аппарата насоса ТНА было обращено внимание на выдержки по температуре при нагреве и охлаждении. Такие выдержки предусматриваются для выравнивания температуры между паяемыми деталями, различающимися по массе. Однако, выдержка по температуре предполагает сравнительно резкий переход от заданной технологией

пайки скорости нагрева к нулевой скорости (постоянной температуре). При этом элемент конструкции с меньшей массой перед выдержкой нагревается быстрее, а при выдержке он начинает сближаться по температуре с элементом большей массы и, таким образом, происходит скачкообразное превышение температуры элемента с меньшей массой над элементом с большей массой.

Для экспериментального выявления разности температуры в элементах конструкции на нескольких сборочных единицах были установлены, помимо штатных термодатчиков, дополнительные термодатчики, с помощью которых действительно удалось зафиксировать в температурных диапазонах выдержек скачкообразную разность температуры. Последующее исключение выдержек по температуре в процессе нагрева и охлаждения дало положительный результат: образование трещин в направляющем аппарате больше не наблюдалось.

УДК 62-762

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ТНА НА ЗАЗОРЫ В УПЛОТНЕНИЯХ

© 2018 А.В. Иванов

АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко», г. Химки

SOME ASPECTS OF MANUFACTURING AND TPA ASSEMBLING TECHNOLOGIES INFLUENCE TO SEAL CLEARANCES

Ivanov A.V. (AO "NPO Energomash named after academician V.P. Glushko", Khimki, Russian Federation)

Article describes some questions of turbopump parts manufacturing and assembling influence to flow path seals clearances. This aspects are misalignment, wedging, nonsquareness, bearings gap.

На величину монтажных смещений – смещений осей уплотнительных поверхностей относительно геометрической оси, которые имеются в любом собранном агрегате перед его запуском, влияют три группы факторов: конструктивная схема агрегата, особенности технологического процесса изготовления составных частей и фактические погрешности изготовления деталей, технологические процессы сборки и контроля её.

Конструктивная схема агрегата определяет количество и взаимное расположение деталей, которые могут привести к смещению роторной и статорной частей уплотнения. Смещение определяется приведёнными ниже погрешностями изготовления этих деталей:

- несоосностью посадочных и уплотнительных диаметров по ротору и статору;
- непараллельностью упорных торцев;
- неперпендикулярностью упорных торцев относительно посадочных диаметров;
- зазорами в подшипниках и по посадкам роторных и статорных элементов.

В конструкторской документации максимальные значения этих погрешностей задаются допусками расположения поверхностей.

При сборке агрегата на величину смещения влияют смещения деталей ротора и статора в пределах монтажных зазоров, разворот деталей ротора друг относительно друга, усилия затяжки крепежных гаек и стяжных винтов ротора, а также способ взаимно-

го центрирования и соединения корпусов. Правильно выбранная методика контроля процесса сборки и качества собранных узлов позволяет обнаружить сборочные единицы с недопустимыми сочетаниями погрешностей изготовления, влияющими на величину смещений, и направлять их на перекомплектовку.

Например, в пределах одного корпуса биение обрабатываемых в одной операции поверхностей относительно базы вызывается радиальным и осевым биением шпинделя станка из-за неточности его опор, торцевым и радиальным биением патрона или планшайбы в местах закрепления обрабатываемого корпуса, неперпендикулярностью базового торца корпуса к базовому отверстию, жесткостью закрепления корпуса, неодинаковостью глубины резания по окружности из-за несоосности припуска, биением обрабатываемой детали из-за ее дисбаланса. При центровке обрабатываемого корпуса на оправке зазор по посадке также может увеличить биение. В литых деталях дополнительная несоосность может быть вызвана несимметричностью механических свойств материала, которая всегда имеет место в отливках и определяется схемой заливки, условиями кристаллизации материала и наличием примесей. Массивные детали при жестких требованиях к правильности геометрии для механической обработки должны устанавливаться в специальные приспособления с противовесами, компенсирующими дисбаланс обрабатываемой детали или дополнительной опорой.

В общем случае величина несоосностей уплотнительных поверхностей ротора (статора), состоящего из пакета деталей, складывается из суммы погрешностей радиального расположения поверхностей центрирующих и уплотнительных элементов и суммы погрешностей расположения стыковых торцовых поверхностей деталей, входящих в роторный (статорный) пакет.

Несоосность посадочных поверхностей под подшипники и уплотнения в роторе обычно существенно меньше, чем в статоре, так как часто эти поверхности выполняются в одной детали, число деталей ротора, как правило, меньше, чем число деталей статора. Однако из-за большего числа слагаемых величин перекоса в агрегате соосность по валу следует задавать достаточно точно. Непараллельность торцов деталей, закреплённых на валу, приводит к ощутимым величинам

перекосов (смещений) уплотнительных поверхностей. Неперпендикулярность торца детали ротора к посадочной поверхности при значительной длине и отсутствии зазора по посадке на вал также приводит к увеличению перекоса.

Роторы турбомашин часто представляют собой конструкцию, выполненную в виде пакета отдельно изготовленных деталей, центрирующихся друг относительно друга или по валу. При этом детали ротора монтируются на вал вместе с внутренним кольцом подшипника и затягиваются общей гайкой. В этом случае несоосность какой-либо уплотнительной поверхности представляет собой результирующую погрешность всех деталей, входящих в состав ротора, и поэтому расчёт величины несоосностей значительно усложняется. Затяжка таких деталей, как правило, производится со значительным осевым усилием, которое служит для устранения зазоров по стыкам. Неперпендикулярность заплечиков валов по отношению к резьбам может привести к изгибу ротора. При установке на вал гайка в пределах зазора по резьбе может смещаться в радиальном направлении и поворачиваться для выборки перекоса, обеспечивая плотное прилегание торца гайки к сопрягаемой детали ротора, и выравнивать усилие затяжки по окружности. В этом случае может быть допущено биение торца гайки относительно среднего диаметра резьбы не более половины гарантированного зазора по резьбе. При наличии покрытий резьбового соединения зазор по резьбе уменьшается, что следует учитывать при назначении допусков. Для достижения стабильной и осесимметричной жёсткости ротора необходимо за счёт усилия затяжки обеспечить плотное беззазорное прилегание всех торцов его деталей.

Достаточная стяжка деталей, как ротора, так и статора должна быть обеспечена и при деформациях от внешних гидравлических и газодинамических, дисбалансных нагрузок. Необходимая величина усилия затяжки зависит от размеров деталей, величин погрешностей их изготовления, их жёсткости, величины и характера нагружения внешними и внутренними силами. Следует отметить, что при креплении деталей, входящих в роторный или статорный пакеты, с помощью группового резьбового соединения из-за неравномерности усилия затяжки дополнительно появляется погрешность, связанная с

упругими деформациями материала и контактными деформациями на стыковых поверхностях. Эти дополнительные погрешно-

сти должны быть учтены при расчёте углового отклонения уплотнительных поверхностей ротора или статора.

УДК 621.454.2

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА НА ВЫХОДЕ ИЗ МАЛОЭМИССИОННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА

© 2018 А.Р. Кутлумухамедов, Д.В. Скиба, Ф.Г. Бакиров

Уфимский государственный авиационный технический университет

ESTIMATION OF CARBON MONOOXIDE'S CONCENTRATION AT THE OUTLET OF A LOW EMISSION COMBUSTOR USING COMBINED METHOD

Kutlumukhamedov A.R., Skiba D.V., Bakirov F.G. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

The report contains results of estimation CO emissions using combined method. The method combines Computational Fluid Dynamics and Reactor Network Method. Results of CO estimation are in good agreement with the experiment (the largest deviations measured between experimental and numerical results were about 20 %). Directions for future research are highlighted.

Ниже приведены результаты расчётов концентраций монооксида углерода с помощью комбинированного метода. Комбинируются CFD (Computational Fluid Dynamics) и реакторный метод. Такой подход позволяет производить расчёты, используя сложные механизмы химической кинетики с учётом особенностей течения в камере сгорания. Комбинированный метод можно рассматривать как дальнейшее развитие реакторного метода, он не требует наличия вычислительных кластеров, расчёты можно проводить на персональном компьютере.

Схема исследуемой камеры сгорания приведена на рис.1. Рабочие давление – атмосферное, суммарный коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,0$, топливо – пропан (C_3H_8) [1].

На рис. 2 приведена реакторная модель исследуемой камеры сгорания. Для её построения из CFD расчёта найдены: объём зоны обратных токов, распределение скоростей и топлива в жаровой трубе.

Зона обратных токов моделировалась реактором идеального смешения PSR, за которым следовал реактор идеального вытеснения PFR.

Пристеночная область моделировалась двумя реакторами. В реакторе идеального

смешения PSRw происходил розжиг топливовоздушной смеси. В реакторе PFRw моделировался отвод теплоты от газа к стенке жаровой трубы.

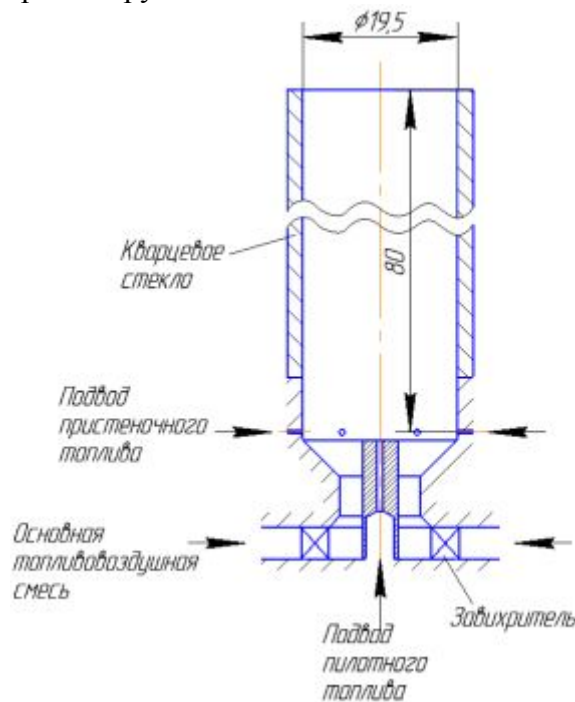


Рис. 1. Схема камеры сгорания